

**A TISZAI-FŐEGYSÉG (TISIA-MEGATERRÉNUM)
PALEOZOOS ALJZATI KÉPZŐDMÉNYEINEK REGIONÁLIS
KORRELÁCIÓJA REPREZENTATÍV MÉLYFÚRÁSI
SZELVÉNYEK FELHASZNÁLÁSÁVAL**

MTA doktori értekezés tézisei

Raucsikné Varga Andrea Beáta
(Tudományos életben használt név: Varga Andrea)

**Szegedi Tudományegyetem
Földrajzi és Földtudományi Intézet
Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék**

Szeged, 2020

„Felfedezni valamit annyit tesz,
mint látni, amit mindenki lát,
és közben arra gondolni,
amire még senki.”
(Szent-Györgyi Albert¹)

1. BEVEZETÉS

Mai értelemben a Közép-magyarországi-zónától délre elhelyezkedő terület, a Tiszai-(fő)egység (pl. Haas & Hámor, 1998; Császár, 2005) preneogén, illetve prealpi aljzata alkotja a Tisia-megaterrénumot. A terület felépítésével, ezen belül a paleozoikumi (szilur–perm; ~440–250 millió év) kőzetrétegtani egységek lokális és regionális korrelációjával kapcsolatban számos alapkutatási kérdés még napjainkban is nyitott. Fokozottan igaz ez a Dél-Dunántúl és a Dél-Alföld aljzatában kizárólag mélyfúrásokból ismert vagy erősen korlátozott felszíni előfordulású képződményekre.

Annak ellenére, hogy a Dél-Dunántúl és a Dél-Alföld földtani felépítésének kutatása hosszú múltra tekint vissza (pl. Fülöp, 1994; Barabás & Barabásné Stuhl, 1998; Jámbor, 1998; Szederkényi, 1998 és az általuk hivatkozott irodalmak), az aljzati képződmények jelenlegi kapcsolatrendszerére (pl. deformációs zónák; felszín alatti migrációs útvonalak) nem tisztázott kellő mértékben. Az alkalmazott kutatások (pl. a radioaktív hulladékok felszín alatti tárolása, szénhidrogének kutatása és kitermelése, illetve geotermikus projektek) sikerességének alapvető pillére a megbízható geológiai háttérismeret, hiszen ez elősegíti a földtani kockázati tényező optimalizálását. A kiválasztott terület közettani és fluidumevolúciós kapcsolatrendszerének feltárása így napjainkban is időszerű földtudományi kihívás. Ezt a munkát célozta meg a dél-dunántúli permokarbon üledékes képződményekkel foglalkozó PhD témám (Varga, 2009), majd az erre épülő kutatásaim (OTKA PD, MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjak, Új Nemzeti Kiválóság Program ösztöndíjai), továbbá részben ezt egészítik ki a dél-alföldi aljzati képződményekkel kapcsolatos OTKA/NKFIA K projektek. Ezekben vezető kutatóként, illetve szenior résztvevőként közettani (pl. forrásközet-analízis, diagenezistörténet), geokémiai, integrált értelmezői és korrelációs feladatokat láttam, illetve látok el. Az SZTE Ásványtani, Geokémiai és Közettani Tanszékén az elmúlt években oktatói és témavezetői tevékenységemhez (TDK, BSc, MSc, PhD) kapcsolódva olyan ismeretek halmozódtak fel az értekezés témakörében, amelyek integrált értelmezése lehetővé teszi a dél-dunántúli és dél-alföldi paleozoos képződmények egymáshoz viszonyított kapcsolatának reambulációját és azok regionális korrelációját, ezáltal a terület földtani és nagyszerkezeti ismereteinek pontosítását.

Tekintettel arra, hogy a korrelációs kérdések megválaszolásához először lokális reambuláció szükséges, a pontosított információt hordozó egyedi kőzetminták felülvizsgálata elkerülhetetlen a korlátozottan hozzáférhető kéziratokban (pl. adattári jelentések) szereplő leírások adatainak ellenőrzéséhez, illetve az ezekre épülő értelmezések elfogadásához vagy cáfolásához. Tapasztalatom szerint – részben a tudományos háttérismeretek módosulása és szemléletváltása, részben a műszerek fejlődése miatt – a vizsgált képződményekben többnyire az ásványtani és közettani besorolás szintjéig terjedő ellenőrzés volt szükséges. Ezek a vizsgálatok megkerülhetetlenek a regionális léptékű kérdések megválaszolásához, azonban jellegükből adódóan csupán lokális érdeklődésre tarthatnak számot. Egy-egy részterület vagy képződmény komplex vizsgálata viszont már regionális érdeklődési szintű ásványtani, közettani, geokémiai és földtani–rétegtani információkat szolgáltatott.

Értekezésemben a paleozoikumi képződmények lokális és regionális korrelációjához kapcsolódó kutatási eredményeket mutatom be úgy, hogy a kiválasztott kőzetrétegtani egységeket (Szalatnaki Agyagpala, Tésényi Homokkő, Korpádi Homokkő és Gyűrűfüi Riolit² Formációk) érintő eddigi megállapításokat szintézisszerűen foglalom össze, külön kitérve a már publikált eredményekre

¹ https://www.citatum.hu/szerzo/Szent-Gyorgyi_Albert (Letöltés: 2020.07.20.)

² A képződmény Magyar Rétegtani Bizottság Magmás és Metamorf Munkacsoportja által elfogadott (2020. szeptember), de az értekezésem lezárásáig nem publikált új neve: Gyűrűfüi Lapillitufa Formáció

és a jelenleg aktív kutatási irányok előzetes eredményeire, illetve a munka során felmerült, jövőbe mutató új kérdésekre. A bemutatáskor arra törekedtem, hogy az értekezésben a saját közettani és geokémiai eredményeimre, továbbá a kutatótársak által biztosított adatok integrált értelmezésére épülő korrelációs tevékenységem lenyomata uralkodjon, ezért a kutatáshoz nélkülözhetetlen, de a szerzőtársak aktív hozzájárulását tükröző, nyílt hozzáférésű – az értekezésben minden esetben hivatkozott – publikációkban elérhető anyagvizsgálati eredmények adatainak közlésére és önálló értelmezésére, vitájára nem tértem ki. Tekintettel arra, hogy tudományos munkásságom alapvetően a közzettan–geokémia szakterületét fedi le, és a tanulmányozott képződmények korábbi korrelációja több esetben tényleges vagy részletes közettani összehasonlítás nélkül történt (pl. kizárólag makroszkópos hasonlóság alapján; egy közetváltozat – pl. grauwacke vagy szürke, ősmaradványmentes breccsa – megjelenése vagy hiánya alapján), értekezésem fő logikai szálát a közzetrétegtani egységeknél meghatározó jelentőségű közettani összetétel és az átalakulási folyamatok (pl. érkítőltő fázisok ismertetése, metamorfózis jellege) bemutatása képezi. Törekedtem arra, hogy az érintett kőzetekről részletes fotódokumentációt is bemutassak, hiszen – számos esetben – ez eddig nem történt meg.

2. KIVÁLASZTOTT MINTÁK, ANALITIKAI MÓDSZEREK

A Tiszai-főegységben mélyfúrásokkal feltárt paleozoikumi közzetrétegtani egységek lokális és regionális korrelációjához olyan szelvényeket választottam ki, amelyekből elegendő fúrómag állt rendelkezésre a modern anyagvizsgálatokhoz. Ezek a mélyfúrások döntően a '60-as és a '80-as évek között mélyültek, így a még hozzáférhető, reprezentatív fúrómagok modern módszerekkel történő vizsgálata nemzeti érdek. Kutatásaim során a Dél-Dunántúl és a Dél-Alföld aljzatából származó gyűjteményi magmintákat és vékonycsiszolatokat szintén felhasználtam, illetve – alárendelten – felszíni mintákat (egykori kutatóakna: Korpádi Homokkő, feltárások: Gyűrűfüi Riolit) gyűjtöttem.

A szilur Szalatnaki Agyagpala Formáció kőzeteinek vizsgálatához elsősorban a Horváthertelend–1 fúrás (Hh–1, Horváthertelendi-egység) mintáit használtam fel, amelyeket a Szalatnak–3 fúrásban (Szalatnaki-egység) kijelölt típusszelvény kőzeteivel és a Szalatnak–4 fúrás reprezentatív mintáival hasonlítottam össze. A felső karbon Tésenyi Homokkő Formáció kőzeteinek tanulmányozása a Bogádmindszent–1 (Bm–1), a Diósvizsló–3 (Dv–3) és a Siklósbodony–1 (Sb–1) mélyfúrások mintáira épült, amelyeket a Téseny körüli fúrások reprezentatív mintáival egészítettem ki. A permi Korpádi Homokkő Formáció kőzeteit a Túrony–1 (Tu–1), a Máriagyűd–1 (Mgy–1), a 9015. sz. (Dinnyeberki) fúrásokból és a XV. szerkezetkutató fúrásból választottam ki, amelyek a mecseki és a villányi előtér kifejlődéseit egyaránt képviselik. További fúrásokból (pl. Siklósbodony–1, Szava–5, Csarnóta–1, Bisse–1, Kelebia–12) szintén rendelkezésre állt néhány kőzetminta és csiszolatgyűjtemények anyaga, amelyeket tanulmányoztam munkám során. A bizonytalan korbesorolás miatt a kapcsolódó Gyűrűfüi Riolit Formáció célorientált vizsgálata (pl. 9015. sz. fúrás, XV. szerkezetkutató fúrás, Bisse–1, Kelebia–12) is részét képezi az értekezésemben bemutatott eredményeknek, amely a korreláció kronosztratigráfiai keretét biztosítja. A részletesen vizsgált képződmények lokális összehasonlításakor alapvetően az Ófalu Formációcsoport, a Bábaapáti Metahomokkő Formáció, a Radlovaci Komplexum, valamint a dél-alföldi aljzatban (Szeged, Üllés) karbon breccsaként vagy paleozoikumi metakonglomerátumként elkülönített szakaszok szelektált kőzetmintáit vettem figyelembe. A regionális korrelációban bemutatott összehasonlítások döntően szakirodalmi adatokra épültek.

A kőzetek komplex jellemzéséhez munkatársaim segítségével, továbbá hazai és nemzetközi kutatási együttműködések keretein belül – a részletes petrográfiai elemzéseken túl – számos fázis- és elemanalitikai vizsgálatot végeztünk. A legfontosabb műszeres vizsgálatok a következők voltak:

- röntgen-pordiffrakció (XRPD: SZTE Ásványtani, Geokémiai és Közettani Tanszék; közreműködő: Raucsik Béla),

- pásztázó elektronmikroszkópia (SEM: SZTE TTIK; közreműködő: Schubert Félix) és elektronsugaras mikroanalízis (EPMA: Grazi Egyetem, Ausztria, Földtudományi Intézet; közreműködő: Christoph A. Hauzenberger és Heincz Adrián),
- katódlumineszcens mikroszkópia (CL: MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézet; közreműködő: Bajnóczi Bernadett; SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék; közreműködő: Schubert Félix és Garaguly István),
- fő- és nyomelemek meghatározása érkítőltő fázisokból és teljes kőzetmintákból (röntgenfluoreszcens analízis, XRF; SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék; közreműködő: Fintor Krisztián; induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria és tömegspektrometria, ICP-AES/MS; neutronaktivációs analízis, NAA; Bureau Veritas Mineral Laboratories, Vancouver, Canada),
- Raman spektroszkópia (SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék; közreműködő: Mészáros Előd),
- stabilizotóp-geokémia (C, O; MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézet; közreműködő: Bajnóczi Bernadett és Czuppon György),
- fluidumzárvány petrográfia és mikrotermometria (SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék; közreműködő: Fintor Krisztián és Dabi Gergely),
- K–Ar korhatározás (Atomki Környezet- és Földtudományi Laboratórium; közreműködő: Benkó Zsolt), továbbá
- szeparált cirkon U–Pb korhatározás (MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport; ETH, Zürich, Svájc; GÖOchron Laboratories, Georg-August University, Göttingen, Németország; közreműködő: Haranginé Lukács Réka, Dunkl István és Szemerédi Máté).

3. TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISPONTOK)

A Szalatnaki Agyagpala Formáció lokális és regionális korrelációjához kapcsolódó tézisek:

1. A Horváthertelendi- (Hh–1 fúrás) és a Szalatnaki-egységben (Szalatnak–3 és Szalatnak–4 fúrás) a Szalatnaki Agyagpala Formációt változó mértékben deformált, sötétszürke–fekete, szerves anyagban gazdag agyagpala, illetve zöldesszürke, limonitos elválási felületekkel tagolt, jól foliált agyagpala, metaaleurolit, polimikt metahomokkő és metakonglomerátum alkotja; a Szalatnaki-egységben kvarcerekkel átjárt fekete kovapala betelepülések szintén megjelennek. Jellemző bélyeg a kőzetek szöveti (pl. helyenként jelentős mátrixtartalom, grauwacke megjelenése) és összetételi (pl. instabilis ásványok és vulkáni/szubvulkáni kőzettörmelékek nagy aránya; litarenit, litikus arkóza gyakorisága) éretlensége.

A metaaleurolit és a metahomokkő vázalkotó szemcséi, továbbá a kavicsok minőségi és mennyiségi összetétele alapján megállapítottam, hogy a képződmény forrásterületén egyértelműen a plagioklászban gazdag neutrális, továbbá savanyú–bázisos (szub)vulkáni kőzetváltozatok domináltak, amelyekhez idősebb törmelékes és – alárendelten – karbonátos kőzetek társultak. A neutrális magmás kőzettörmelék mellett a Horváthertelendi-egységben a savanyú, míg a Szalatnaki-egységben a bázisos (szub)vulkáni kőzetek (pl. bazalt, mikrogabbro) törmelékanyaga mutatható ki nagyobb arányban.

A szelektált mintákon (Hh–1 fúrás) végzett teljes kőzet geokémiai vizsgálatok eredménye alátámasztotta a felvázolt lepusztulási területet (kontinentális kéreg eredetű, felzikus forrásterület), amely során kimutattam, hogy a megfigyelt összetétel olyan éretlen üledékes összletet jelez, ami tektonikailag aktív környezetben képződött. A kőzettani és a geokémiai eredmények integrált értelmezése alapján a felzikus (sziliciklasztos) törmelék forrásterülete valószínűleg már inaktív (azaz idősebb) neutrális–savanyú vulkáni ív lehetett, amihez számottevő mennyiségű áthalmazott, kvarcdús üledékes kőzet törmeléke keveredett.

A kőzettani összetétel tükrében kijelenthető, hogy a Horváthertelendi- és a Szalatnaki-egység metaüledékes rétegsorának törmelékanyagában – a nyilvánvaló párhuzamok mellett (pl.

a plagioklászban gazdag, neutrális vulkanitok törmelékének uralkodó jellege) – lényegi különbségek vannak, tehát a két egység képződményei közvetlenül nem feleltethetők meg egymásnak. A megfigyelt párhuzamok (pl. ásványos összetétel, szöveti bélyegek, átalakulási folyamatok jellege és mértéke) azonban alátámasztják a két terület azonos közetrétegtani besorolását (Szalatnaki Agyagpala Formáció), ezért akár tagozat szintű elkülönítésüket – a jelenlegi ismertségi szinten – nem tartom indokoltnak.

2. Megállapítottam, hogy mind a Horváthertelendi- (Hh–1 fúrás), mind a Szalatnaki-egységben (Szalatnak–3 fúrás) a Szalatnaki Agyagpala Formációba sorolt durvatörmelékes kifejlődést közepesen–jól koptatott, rosszul osztályozott kavicsokból álló polimikt metakonglomerátum alkotja. A szemcsék koptatottsága és polimikt jellege, közettani összetétele és szöveti jellemzői alapján kizárható az adott szakaszok elsődleges piroklasztit eredete, mint ami a Szalatnaki-egység rétegsorának értelmezésekor korábban felmerült (pl. Fülöp, 1994).

Kimutattam továbbá, hogy a Hh–1 fúrás metakonglomerátum kőzetváltozata az intermedier vulkanitok és a regionális metamorfítok gyakorisága, a karbonátközetek (dolomit) kavicsainak megjelenése, valamint a savanyú piroklasztitok törmelékének teljes hiánya alapján egyértelműen megkülönböztethető a felső karbon Tésenyi Homokkő Formáció konglomerátum kőzeteitől. A potenciálisan rokon paleozoikumi képződményekkel (pl. Szederkényi, 1998; Császár, 2005; Ófalui Formációcsoport és Bátaapáti Metahomokkő Formáció) történő közettani összehasonlítás során megállapítottam, hogy azok nem párhuzamosíthatók a Szalatnaki Agyagpala Formáció Horváthertelendi- vagy Szalatnaki-egységéből származó metagrauwacke és metahomokkő kifejlődésekkel. Lokális korrelációs eredményeim szerint a Szalatnaki Agyagpalával analóg képződmény jelenleg nem igazolt a dél-dunántúli alsó paleozoikumi metaüledékes összletekben.

3. Saját közettani–geokémiai megállapításaim és a társszerzők által végzett anyagvizsgálati eredmények integrált értelmezése alapján bemutattam, hogy a Horváthertelendi- és a Szalatnaki-egység paleozoos képződményei között a metamorf folyamatok, a kapcsolódó töréses–képlékeny deformációs események és a többfázisú fluidumhatás (pl. érkitöltések) szerepében számos párhuzam vonható, de lényeges eltérések is megfigyelhetők. Az agyagpalában megjelenő szénült szerves anyag Raman-spektrumára épülő termometriai módszerek és a rétegszilikátok XRPD vizsgálata alapján a Szalatnaki Agyagpala Formáció kőzetei egyaránt kismértékű (epizónás) regionális metamorfózist szenvedtek, a Hh–1 fúrából teljes kőzetből meghatározott K–Ar izokron korok alapján 310 millió év körüli variszkuszi csúcs-metamorfózissal, agyagfrakción mért ~290 millió éves posztvariszkuszi hűlési korokkal. A két területre jellemző maximális hőmérséklet azonban eltérő. A Szalatnaki-egységben feltárt összlet maximális metamorf hőmérséklete a Horváthertelendi-egységben becsült ~350–370 °C-nál magasabb, ~400–430 °C-os átalakulást jelez. A Szalatnaki-egységben változó mértékű kontakt metamorf folyamatok egyértelműen kimutathatók (pl. cordierit, biotit képződése), ezért véleményem szerint regionális korrelációs szempontból a Horváthertelendi-egységből rendelkezésre álló adatokat célszerű figyelembe venni.
4. A posztmetamorf fluidummigráció bizonyítékeként megállapítottam, hogy mind a Horváthertelendi- (Hh–1 fúrás), mind a Szalatnaki-egységben (Szalatnak–3 fúrás) a Szalatnaki Agyagpala Formáció rétegsorában vékony (<1 cm), változatos szövetű, többfázisú karbonátterek, klorit-kvarc (± opak ásvány), földpát, továbbá kvarc-karbonát és komplex kvarc-szilikát-karbonát kitöltésű erek figyelhetők meg. Bemutattam, hogy a képződmény metamorf átkristályosodását és kapcsolódó képlékeny deformációját követően alakultak ki a klorit-domináns erek, ezeket követően jöttek létre az első karbonátfázisokat tartalmazó érkitöltések, továbbá a földpátos (gyakran adulártartalmú) kvarc-szilikát-karbonát kitöltésű erek, valamint a kvarc-karbonátterek. A legfiatalabb érkitöltő fázis a blokkos szövetű térkitöltő karbonát (Fe-

tartalmú dolomit). Az azonosított fluidummigrációs folyamatok közül az adalártartalmú kvarc-szilikát-karbonát kitöltésű erek mindkét egységben jellemzőek, ezért korrelációs szempontból a paleohidrologiai kapcsolat jelzésére alkalmasak lehetnek a jövőben.

Kimutattam továbbá, hogy a Hh-1 fúrásban a vastartalmú karbonátok (Fe-dolomit, sziderit) a kőzet alapanyagát és a törmelékszemcséket is átszelő karbonáterekben és a szilikátos erek térkitöltő, legfiatalabb fázisaként jelennek meg, továbbá egyenlőtlen eloszlásban – foltokban vagy penetratív módon – a mátrix, a korábbi kovacement (\pm biotit), valamint helyenként a szemcsék rovására helyettesítést formálnak, cementvázú megjelenést eredményezve. Mindezek alapján a szilikátos erek képződését követő esemény során enyhén lúgos, redukív és szulfidszegény metasomatikus fluidum hatását feltételezem a rétegsorban. A karbonátosodás során a mátrix felemésztődő biotittartalma biztosíthatta a Fe- és esetleges Mg-forrást, ami a vastartalmú karbonátok kialakulását eredményezte.

5. A komplex ásványtani, kőzettani, geokémiai és földtani–rétegtani információk alapján a Tiszai-főegységhez tartozó szlavóniai szigethegységekben (Psunj, Papuk és Krndija, Horvátország) található Radlovaci Komplexum (pl. Jerenić et al., 1994; Biševac et al., 2010, 2011, 2013) felső szilur agyagpaláival nem sikerült hasonlóságot igazolnom. A Horváthertelendi- és a Szalatnaki-egységek jellegzetes durvatörmelékes kifejlődése, továbbá a metamorf fejlődési út lényeges különbsége alapján a Szalatnaki Agyagpala Formáció attól egyértelműen eltérő képződmény. A Tiszai-főegység déli–nyugati szomszédságában található területek (pl. Medvednica-hegység, Horvátország; Karni-Alpok; Judik et al., 2008; Verniers et al., 2008) disztális jellegű, kis terrigén beszállítás tükröző szilur kőzetei szintén nincsenek közvetlen kapcsolatban a Szalatnaki Agyagpala Formáció proximális rétegsorával.

A regionális korreláció során rámutattam arra, hogy a Bohémiai-masszívumtól keletre, a variszkuszi hegységrendszer előterében találhatók proximális jellegű, nem metamorfizált szilur képződmények (Szentkereszt-hegység, Lengyelország; Malec, 1993; Kozłowski, 2008; Kozłowski et al., 2014). Konglomerátumot tartalmazó durvatörmelékes rétegsorok kizárólag a Małopolska-masszívum területén belül (Nida és Kielce térsége) találhatók (Malec, 1993; Moldiński & Szymański, 2001; Verniers et al., 2008; Malec et al., 2016). A regionális korrelációkor tekintetbe kell venni azt is, hogy a két területet ért utólagos hatások eltérőek: míg a Horváthertelendi- és a Szalatnaki-egység variszkuszi metamorfózison esett át, addig a Małopolska-masszívum szilur rétegsora nem szenvedett el metamorf átalakulást. Hasonló jellegű, de variszkuszi metamorf szilur képződmények a Bohémiai-masszívum fő tömege és a Małopolska-masszívum közötti területen, a Morva-Sziléziai-zónában azonosíthatók. Feltételezhető, hogy a Szalatnaki Agyagpala Formáció képződményei a Małopolska-masszívum déli, illetve a Morva-Sziléziai-zóna északkeleti részéről ismert, Baltika eredetű szilur képződményekkel rokoníthatók.

A Tésenyi Homokkő Formáció lokális és regionális korrelációjához kapcsolódó tézisek:

6. A kontinentális környezetben leülepedett, kőszéntartalmú felső karbon Tésenyi Homokkő Formáció uralkodóan szürke, fekete agyagkőből, aleurolitból, homokkőből, továbbá polimikt konglomerátumból áll. Az összlet törmelékanyaga egyrészt újrafeldolgozott variszkuszi orogén területről, másrészt a kiemelkedett aljzat plutoni eredetű kőzeteinek lepusztulásából, továbbá egy feltehetően variszkuszi magmás ív eróziójából származott (Varga, 2009).

Rámutattam arra, hogy a rétegsor metamorf fokának megítélése ellentmondásos. Bár a metamorf jelleg makroszkóposan kevésbé tükröződik, ásványtani paraméterek alapján a Tésenyi Formáció kőzetei egyértelműen nagyon kisfokú (az anchizóna tartományának megfelelő) metamorf átalakulást szenvedtek, a Bm-1 fúrás alsó szakaszában nem zárható ki a lokálisan kisfokú (epimetamorf) átalakulás sem.

Értekezésemben bemutattam, hogy a Tésényi Homokkő Formáció közeteit ért deformációs és fluidummigrációs hatásokra változatos érkitöltések és metasztatikus bélyegek utalnak. A kiemelt fontosságú rétegsorokban (Tésény körüli fúrások és a Bm–1 fúrás típusszelvénye) a geometriai, a szöveti és az ásványtani jellemzőket figyelembe véve négy alapvető értípust lehetett elkülöníteni: tömbös, rostos, megnyúlt és többféle szövetű (*polytextured*) ereket. Ezek közül a leggyakoribb és korrelációs szempontból a legtöbb információt hordozó a tömbös típus, ami további alcsoportokra bontható a kitöltés ásványos összetétele szerint: kvarcerek (alárendelten \pm goethit, adulár), karbonátterek (általában pátos dolomit kitöltéssel), szimmetrikus kitöltésű kvarc-karbonát, továbbá kvarc-szilikát-karbonát kitöltésű erek különböztethetők meg.

Megállapítottam, hogy a rétegzéssel párhuzamos, rostos kalcit-kvarc kitöltésű erek a diagenetikus környezetre utalnak. A rostos kitöltésű horizontális repedések valószínűleg a szeves anyag betemetődés által kiváltott érése (szénhidrogén képződése) következtében megnövekedett pórusfluidum nyomás (túlnyomás) eredményeként jöttek létre. A tömbös típusú, kvarc és kvarc-karbonát kitöltésű erekben az euhedrális kvarckristályok, illetve a dolomit és az ankerit olyan elsődleges fluidumzárvány generációkat tartalmaz, amelyek petrográfiai, geokémiai és mikrotermometriai elemzése lehetővé tette a szülőfluidum jellemzését. Az eredmények értelmezése alapján az ásványkiválást okozó paleofluidum két fő típusát sikerült elkülöníteni: (i) a kvarcban és a karbonátban (dolomit) egyaránt megjelenő, nagy szalinitású vizes fluidumot, továbbá (ii) az ankeritben kimutatható kis szalinitású fluidumot. Újszerű megközelítésként az érkitöltésekre és átalakulási folyamatokra épülő paleohidrológiai ujjlenyomatot használtam fel a regionális korrelációs kérdések tisztázásához.

7. A Tiszai-főegységen belül a Tésényi Homokkő Formáció elterjedési területéhez legközelebb eső, hasonló kifejlődésű karbon képződmények a Szlavóniai–Drávai-terrénum déli folytatásában, a szlavóniai szigethegységekben (Papuk, Radlovaci Komplexum) találhatók (pl. Pamić & Jamičić, 1986; Biševac et al., 2009, 2010, 2013). Ezt a metaüledékes összletet korábban a Tésényi Homokkő Formációval párhuzamosították (Fülöp, 1994; Jám bor, 1998).

Figyelembe véve a Radlovaci Komplexum részletes közettani és geokémiai vizsgálati eredményeit (Biševac et al., 2009, 2010, 2013), megállapítottam, hogy az uralkodóan felzikus jellegű forráskőzet látszólag jó egyezést mutat a Tésényi Homokkő Formáció lehordási területéről rendelkezésre álló adatokkal. Eredményeim alapján azonban a Tésényi Homokkő szemcseösszetétele jóval változatosabb és éretlenebb jellegű, abban számottevő mennyiségű savanyú vulkanit, továbbá üledékes és metamorf kőzettörmelék szintén megtalálható. A két képződmény makroszkópos és mikroszkópi bélyegei számos különbséget mutatnak, amit – a Radlovaci Komplexumra vonatkozóan kis mintaszámon végzett – összehasonlító vizsgálataim is megerősítettek.

A két kifejlődési terület homokköveinek geokémiai jellege szintén eltérő. Az üledékes és kistekély metamorf környezetben általában immobilisnak tekintett nyomelemekre épülő diagramokon a két rétegsor mintáit jelölő mintapontok viszonylag tág tartományon belül mozognak, átfedés azonban nem mutatható ki a csoportok között. Mindezek alapján rámutattam arra, hogy a két képződmény közvetlenül nem feleltethető meg egymásnak. Az egykori üledékgyűjtő medencék térben és/vagy időben elkülönültek egymástól, továbbá eltérő fejlődési utat jártak be a jelenleg megfigyelhető bélyegek kialakulásáig.

8. A dél-alföldi aljzatban Szeged környezetében (Békésia-terrénum) számos szénhidrogénkutató fúrás olyan ősmaradványmentes, zöldesszürke–sötétszürke törmelékes kőzetet (breccsa) harántolt, amelyet korábban kontinentális karbon kifejlődésnek véltek (pl. Jám bor, 1998). A breccsa reambulációja során Lelkes-Felvári et al. (2005) ultrakataklázitot azonosítottak az érintett szakaszban, ezért a kifejlődést a kristályos aljzat tektonizált részéhez sorolták át.

Megfigyeléseim szerint az Algyői-aljzatmagaslat térségében mind a repedezett metamorf kőzetek, mind az azokat fedő triász rétegsor (Jakabhgyi Homokkő és Szegedi Dolomit Formáció) különböző mértékű töréses (és helyenként képlékeny) deformáción esett át, továbbá hidrotermális átalakulás nyomait mutatja. Az Üllés–Szeged–Kiskundorozsma–Mórahalom térségében létesített mélyfúrások kőzeteinek komplex reambulációs vizsgálata során kontinentális felső karbon képződményeket nem sikerült azonosítani, ami megerősíti Lelkes-Felvári et al. (2005) véleményét. Fluidumevolúciós szempontból lényeges, hogy a breccsásodott aljzati és triász üledékes képződményekben a deformációs és hidrotermális eseményekhez kapcsolódó ereket és oldódási üregeket részlegesen pátos dolomit tölti ki. A petrográfiai, geokémiai és mikrotermometriai adatok integrált értelmezése alapján a középső triász utáni érgenerációban megjelenő dolomit eltérő szülőfluidumot jelez, mint ami a dél-dunántúli felső karbon homokkő érkitöltéseinek karbonátfázisát létrehozta. Megállapítottam, hogy nem mutatható ki semmilyen kapcsolat a dél-dunántúli karbon előfordulással, azaz a Tésényi Homokkő Formáció öskörnyezeti és paleohidrologiai kapcsolatrendszere ebben az irányban nem terjeszthető ki.

A dél-alföldi aljzatban, az Üllés–15 szénhidrogénkutató fúrás rétegsorában bizonytalan korbesorolással korábban szintén említettek újpaleozoos metakonglomerátum betelepülést (T. Kovács & Magyar, 1979). A reambulációs vizsgálat során az üllési fúrásból származó, eredetileg újpaleozoos metakonglomerátumnak leírt minta milonitosodott ortogneisz/metapegmatitnak bizonyult. Az üllési területen feltételezett paleozoikumi metakonglomerátum így nem metaüledékes kőzet, ezért nem hozható genetikai kapcsolatba sem a felső karbon Tésényi Homokkő Formáció, sem a szilur Szaltnaki Agyagpala Formáció durvatörmelékes szakaszaival. A jelenlegi ismertségi szinten a dél-alföldi aljzatban nem különíthetők el kontinentális karbon (meta)üledékes képződmények.

9. Tekintettel arra, hogy a Tiszai-főegységen belüli korreláció nem vezetett eredményre, a kiterjeszthetőség érdekében a Tésényi Homokkő Formáció átalakulási és fluidumevolúciós folyamatairól rendelkezésre álló adatokat a kapcsolódó kristályos aljzati képződményekkel vettem össze. A közettani és geokémiai eredmények értelmezése során megállapítottam, hogy a Baksai Komplexum kőzetei és a felső-karbon összlet átalakulási folyamatai közül a nagy szalinitású vizes fluidumot tartalmazó kvarc és dolomit fázisok valószínűleg ugyanazt az eseményt rögzítették. Ráműtattam továbbá arra, hogy a Baksai Komplexum Ca-Al-szilikát kitöltésű érrendszere és a Tésényi Homokkő kvarc-szilikát-karbonát tömbös értípusa között genetikai kapcsolat áll fenn. Ez lehetővé tette, hogy a Tésényi Homokkő Formációt tágabb (kristályos) környezetével együtt, mint paleohidrologiailag összefüggő terület (Ny-Tisia) hasonlítsam össze a regionális korrelációban.

Az integrált adatértelmezés alapján bemutattam, hogy a vizsgált területet ért hidrotermális átalakulási folyamatok több fő fázisba sorolhatók. Ezek közül a piritesedéssel kísért, kiterjedt kloritosodást és szericitesedést eredményező első fázis csak a Baksai Komplexumban jelent meg, amit az általában reduktív retrográd metamorf fluidumokhoz kapcsoltam. Bemutattam, hogy a vizsgált területre jellemző fehér csillám-képződés időben megfeleltethető a variszkuszi kéreg posztorogén extenziójának, amihez az orogén mélyebb régiójának gyors exhumációja társult. A felvázolt modellben a Baksai Komplexumban és a Tésényi Homokkő Formációban egyaránt megtalálható alkáliföldpát-domináns (+ hematit, klorit, kalcit) ereket, valamint a homokkő mellékkőzetben az albitosodást, kloritosodást és karbonátosodást kiváltó eseményt olyan oxidáló, alkáli jellegű fluidumhoz kötöttem, ami időben elkülönült a korábbi fázistól. A nagy szalinitású zárványokat tartalmazó monomineralikus kvarcerek és a kvarc-karbonát kitöltésű erek nagy valószínűséggel a permi rétegsorból származó Na-gazdag playa oldatokkal álltak kapcsolatban. A következő

ásványparagenezisben a galenit és az ankerit megjelenése azonban egyértelműen reduktívabb környezetet jelez, egy későbbi (triász?) fázist képviselve.

Annak ellenére, hogy közvetlen módon nem volt lehetőség a második (késő variszkuszi) és a harmadik (posztvariszkuszi vagy kora alpi) fő mineralizációs esemény korának meghatározására, a Tésenyi Homokkő Formáció kvarc-szilikát-karbonát kitöltésű ereiben megjelenő, klorittal, pirittal és opak fázissal együtt előforduló, sajátalakú monacit és/vagy xenotim segítségével közvetett behatárolása megadható. A megfigyelt átalakulási bélyegek azt sugallják, hogy időben ez a második fázis a mórági-típusú granitoidhoz (Dinnyeberki) kapcsolódó, teléres–eres uránércesedéssel (Vincze et al., 2011) fed át, az ehhez társuló átalakulási zóna peremi része érintheti a Tésenyi Homokkő rétegsorának alsó – a kristályos aljzathoz közeli – részét. A bemutatott fő fázisok segítségével megállapítottam, hogy a vizsgált területen feltárt legfontosabb érkitöltő fázisok a közép-európai variszcidákra jellemző hidrotermális eseményekkel párhuzamosíthatók.

10. A közép-európai variszcidákon belül a lehetséges rokoni kapcsolatok feltárásakor a nagyobb léptékű regionális keret mellett a lokális jellemzőket (pl. nagynyomású metamorfózis nyomai és durbachitok együttes megjelenése, serpentinittestek jellege, granitoidhoz kapcsolódó értípusú U-ércesedés; Horváth et al., 2003; Buda et al., 2004; Vincze et al., 2011; M. Tóth, 2014; Kovács et al., 2016) vettem figyelembe, amelyek alapján a Ny-Tisia aljzatának eredeti pozícióját a Bohémiai-masszívum keleti részének északi peremén, a Morva-Sziléziai-zónától északra jelöltem ki a késő paleozoikumban.

Az őskörnyezeti viszonyokkal kapcsolatos korábbi megfigyelések segítségével a Tésenyi Homokkő Formáció képződményeinek korrelációját tovább pontosítottam. A csupán mm–cm nagyságrendű kőszénzsinórok miatt nem valószínű, hogy kiterjedt reotróp lap jellemezte volna a vizsgált területet. A publikált euroamerikai affinitású ősnövénytani összetétel (Fülöp, 1994; Jámor, 1998; Gulyás-Kis, 2003) és a felső karbon ökológiai rekonstrukciók (pl. Bashforth et al., 2010; Opluštil et al., 2014) alapján a Tésenyi Homokkő Formáció rétegsorának megfelelő üledékes fácies olyan árterekkel tagolt fonatos folyóvízi környezet lehetett, ahol időszakosan mocsaras területek alakultak ki a meredek, medenceperemi lejtők környezetében. Ennek megfelelően a Szilézia–Małopolska régió hegylábi–medenceperemi része tekinthető a legközelebbi rokon képződménynek. Tekintettel arra, hogy a Małopolska-masszívum legkeletibb részét valószínűleg a kárpáti előtér képviseli (Verniers et al., 2008), a korreláció további finomításához a nyugati-kárpáti előfordulásokat is figyelembe kell venni a jövőben.

A Korpádi Homokkő Formáció és a Gyűrűfüi Riolit Formáció lokális és regionális korrelációjához kapcsolódó tézisek:

11. A dél-dunántúli permiai kontinentális képződmények közül a csak mélyfúrásokból (és kutatóaknából) ismert, változó vastagságú és változatos litológiai felépítésű (uralkodóan vörös színű agyagkő, homokkő, konglomerátum, breccsa) Korpádi Homokkő Formációban a törmelékes szemcsék forrásterülete és a finomszemcsés kőzetekre jellemző talajképződési folyamatok jellege alapján két altípust különítettem el.

A piroklasztitokkal (Gyűrűfüi Riolit Formáció, ~267–264 millió év) társult kifejlődésében (Nyugati-Mecsek, Bisse-1, Kelebia környezete) a vázalkotó szemcséket döntően ásványtöredék (kvarc, földpát) és vulkáni kőzettörmelék alkotja. Az agyagkőben a helyenként erősen átalakult vulkáni üvegszilánkokat tartalmazó sziliciklasztos alapanyagon kifejlődött felszíni kitettséget jelző szintek, szeptáriás karbonátkonkréciók (kalcit, dolomit), karbonátgumók (*groundwater calcrete* és *dolocrete*), rizokonkréciók és egyéb gyökérnyomok (pedogén *calcrete*), továbbá kiszorításos kőso utáni dolomit pszeudomorfozák intenzív bepárlódásra és viszonylag száraz klímára (arid–szemiarid, 100–500 mm/év csapadék; pl.

Alonso-Zarza, 2003) utalnak. A szineretikus repedéseket és a szeptáriás konkréciókat a szeizmikus genetikai modell (Pratt, 2001) alapján a szinszediment vulkáni aktivitás független bizonyítékeként értelmeztem. Az altípus kőzetei Kelebia térségében alpi nagyon kislefokú–kislefokú metamorfózist szenvedtek.

A bizonytalan rétegtani helyzetű másik altípust (Villányi-hegység északi előtere, pl. Siklósbodony–1 fúrás felső szakasza, Szava–5, Csarnóta–1, Túrony–1, Máriagyűd–1) metamorf kőzettörmelékben gazdag breccsához kapcsolódó, homogén vörös megjelenésű (hematittal cementált), intenzíven bioturbált, finomszemcsés, csillámdús aleurolit–homokkő építi fel. Ez a változat viszonylag nedves környezetre („*wet red beds*”, szubhumid–szemiarid klíma, ~500–900 mm/év átlagos csapadékmennyiség; pl. Sheldon & Hamer, 2010) utal. Morfológiai alapon a rovarok lárváinak mozgására visszavezethető, meniszkuszszerű kitöltésű életnyomok a kontinentális területekre jellemző *Scoyenia*-asszociációhoz tartoznak (pl. Smith et al., 2008; „*adhesive meniscate burrows*”). Ezek alluviális törmelékkúpon kialakult paleotalajt (vadózus zóna) bizonyítanak, időszakos áradásokkal, gyors vízszintingadozású és jó vízáteresztő képességű környezetben (Smith & Hasiotis, 2008; Smith et al., 2008; Sheldon & Hamer, 2010; Neto de Carvalho & Baucon, 2016). Eddigi eredményeim alapján ez az altípus nem párhuzamosítható a nyugati-mecseki kifejlődés kőzeteivel, attól térben és/vagy időben elkülönülten jött létre. Terepi eszközökkel is elkülöníthetők, ezért azonos formációba sorolásuk nem indokolt.

12. Kutatásaimhoz kapcsolódva a Gyűrűfüi Riolit Formáció elterjedési területeiről (Nyugati-Mecsek, Villányi-hegység északi előtere, Máriakéme–Báta térsége, Dél-Alföld aljzata) származó, korábban lávakőzetként („kvarcporfir lávaár”) dokumentált minták részletes újvizsgálata kimutatta, hogy azok többsége nem folyásos szövetű lávakőzet, hanem változó mértékben tömörödött, helyenként erősen összesült piroklasztár üledéke (ignimbrit), ami az egykori völgyet vagy völgyrendszert tölthette ki. Rámutattam arra, hogy a Gyűrűfüi Riolitként elkülönített szakasz felső részét gyengén összesült kristálygazdag lapillitufa alkotja, amit a Cserdi Formációhoz sorolt, nem összesült lapillitufa vált fel, majd áthalmozott piroklasztitok különíthetők el. A lapillitufában és a vulkanoszediment rétegekben a szemcsék közötti pórusokat helyenként kitöltő vörösbarna színű, vesés–gumós kifejlődésű SiO₂-változatot (kiszáradó opál, illetve kalcedon) a leülepedést követő kristályosodási fázisok (pl. gőzfázisú kristályosodás; McPhie et al., 1993; McArthur et al., 1998) termékeként és/vagy azt követő másodlagos póruskitöltésként értelmeztem.

Megalkotva a Gyűrűfüi Riolit Formáció új képződési modelljét, ártértékeltem a képződmény fedője és fekéje közötti kapcsolatot. Megállapítottam, hogy a területen mélyült fúrásokban a hajdani paleovölgy peremei felé haladva – a morfológiai viszonyoktól függően – a korábban lávaként azonosított, erősen összesült lapillitufánál látszólag fiatalabb helyzetben akár idősebb képződményt (pl. Korpádi Homokkő Formáció) is harántolhattak. A hasonló kőzettani kifejlődés következtében ezért nem zárható ki, hogy a Gyűrűfüi/Korpádi, Cserdi/Korpádi vagy Kővágószőlősi (Bakonyai Tagozat)/Korpádi Formációk helyett egyes mélyfúrású szelvények rétegsorát a részben heteropikus Cserdi/Bodai vagy Bakonyai/Bodai egységekbe sorolták.

A radiometrikus kormérések eredményei és a petrográfiai bélyegek alapján rámutattam arra, hogy a Korpádi Homokkő Formáció piroklasztitokhoz kapcsolódó altípusának kialakulása a ciszuráli későbbi és a guadalupi korai szakaszára tehető. A rétegsor forró és száraz éghajlati viszonyok mellett kialakult alluviális törmelékkúp alsó (disztális) és oxidatív fáciesét képviselte, ami playa jellegű üledékekkel, illetve piroklasztitokkal fogazódott össze. Tekintettel arra, hogy a dél-dunántúli permi összletben a kiterjedt playa tavi és iszaplapály környezetben kialakult kőzetegyüttes a Bodai Agyagkő Formációba tartozik (pl. Árkai et al.,

2000; Konrád et al., 2010), feltételezem, hogy a Korpádi Homokkő Formáció fiatalabb szakasza ezzel összefogazódó – részben heteropikus – fáciest képvisel.

13. A regionális léptékű korreláció során megállapítottam, hogy hasonló jellegű és közettani összetételű szárazföldi permi üledékes rétegsorok nem ismertek a Tiszai-főegység területéről. A Kárpát–Pannon-térségben a Nyugati-Kárpátok (ALCAPA) területéről dokumentáltak olyan kifejlődéseket, amelyek a Korpádi Homokkő Formációhoz tartozó kőzetekkel párhuzamosíthatók. A Zemplénikum nagyon kisméretű–kisfokú metamorfózist szenvedett ciszuráli összletében a Cékei (Cejkov) és a lopingi Csarnahói (Černochoy) Formációk képviselik azokat a szemiarid/arid klímán kialakult, ártéri–időszakos tavi és alluviális törmelék-környezetet tükröző képződményeket, amelyekben *calcrete* szinteket azonosítottak (Vozárová, 1998; Vozárová et al., 2009, 2010, 2019). Dolomitlencsét és evaporitokat (gipsz) tartalmazó karbonátos paleotalajok a Garamikum ciszuráli összletéből (Malužiná Formáció) szintén ismertek, ahol fonatos folyóvízi és tavi környezetben kialakult, vastag konglomerátum, homokkő és agyagkő alkotta rétegsorban jelennek meg (Vozárová et al., 2009, 2010; Vďačný et al., 2013). Közettani, geokémiai és geokronológiai jellegük alapján a Gyűrűfüi Riolit Formáció kőzetei szintén a Nyugati-Kárpátok permi felzúszott vulkanitjaival (pl. Gömörikum, Szilicikum; Vozárová et al., 2015; Ondrejka et al., 2018) rokoníthatók, geokémiai (teljes kőzet) összehasonlítás azonban eddig csak az Észak-Gömöri-, Dél-Gömöri- és Észak-Vepori-egység vulkanitjaival történt.

Mindezeket figyelembe véve, a megbízható korrelációhoz egyrészt a takarós felépítésű Erdélyi-középhegység permi üledékes összleteinek modern szemléletű reambulációja szükséges, másrészt a hozzáférhető valamennyi dél-dunántúli fúrású rétegsor komplex és célzott (közettani, geokémiai, szerkezeti, ökoszisztémás–sedimentológiai) reambulációját követően azok szisztematikus összehasonlítását lenne célszerű megvalósítani a nyugati-kárpáti egységekből dokumentált kifejlődésekkel. Tekintettel arra, hogy a Zemplénikum nagyon kisméretű–kisfokú metamorfózist szenvedett permi kőzeteihez hasonlóan a bizonytalan rétegtani helyzetű, de nagy valószínűséggel permi Túronyi Formáció kőzetei is hasonló mértékű metamorf felülbélyegzést tükröznek, a két terület összehasonlító vizsgálata korrelációs szempontból is új eredményeket szolgáltathat.

Eredményeim azt igazolják, hogy az egykori paleozoikum üledékgyűjtő medencék rétegsorai csupán izolált fragmentumok formájában követhetők, így nem teszik lehetővé a mikrokontinens (Tisia) léptékű folyamatok megismerését. Értekezésemben rámutattam arra, hogy a dél-dunántúli és a dél-alföldi paleozoikum aljzat kőzeteinek petrográfiai bélyegeit (pl. szilur, karbon–perm képződmények) több esetben nem megfelelően azonosították. Az egykori leírásokban látszólagos szöveti bélyegek alapján a fossziliamentes, szögletes törmelékből álló, töréses deformációt szenvedett mintákat gyakran üledékes breccsaként, a képlékeny deformáción átesett szakaszokat piroklasztitként („folyásos kőzetszövet”) vagy metakonglomerátumként írták le. Ezzel párhuzamosan az aljzat szerkezetét befolyásoló bizonyos deformációs események rejtve maradtak, vagy csak részlegesen váltak ismertté.

Munkám során a közettani (közetrétegtani) szálra fűztem fel a témával kapcsolatos alapvető kutatási eredményeket. A deformációs zónák, fluidumáramlási pályák azonosítása azonban alkalmazott kutatási (környezeti geokémia, szénhidrogének migrációja) vonatkozásokkal szintén társult. A hidrotermális aktivitást jelző, szulfidásványokat tartalmazó érkitöltések megfelelő hidrogeokémiai környezetben a felszín alatti víz toxikus nyomelemtartalmát (pl. As, Sb) befolyásolhatják (Varga et al., 2012b, 2017; Fintor & Varga, 2020). Az alföldi aljzatmagaslatokon belül elkülönített vetőzónák pedig elsősorban a részmedencék hidrológiai rendszerében kaptak és kapnak fontos szerepet (Garaguly et al., 2017, 2018; Papp et al., 2017; Varga et al., 2019; Fintor & Varga, 2020).

4. IRODALOMJEGYZÉK (*a téziseket bizonyító publikációk nélkül*)

- Alonso-Zarza, A. M. 2003: Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates and calcretes in the geological record, *Earth-Science Reviews* 60, 261–298.
- Árkai, P., Balogh, K., Demény, A., Fórizs, I., Nagy, G. & Máthé, Z. 2000: Composition, diagenetic and post-diagenetic alterations of a possible radioactive waste repository site: the Boda Albitic Claystone Formation, southern Hungary, *Acta Geologica Hungarica* 43, 351–378.
- Barabás, A. & Barabásné Stuhl, Á. 1998: A Mecsek és környéke perm képződményeinek rétegtana. In: Bérczi, I. & Jámor, Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, MOL Rt. és MÁFI kiadvány, Budapest, 187–215.
- Bashforth, A. R., Falcon-Lang, H. J. & Gibling, M. R. 2010: Vegetation heterogeneity on a Late Pennsylvanian braided-river plain draining the Variscan Mountains, La Magdalena Coalfield, northwestern Spain, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 292/3–4, 367–390.
- Biševac, V., Balen, D., Tibljaš, D. & Španić, D. 2009: Preliminary results on degree of thermal alteration recorded in the eastern part of Mt. Papuk, Slavonia, Croatia, *Geologia Croatica* 62/1, 63–72.
- Biševac, V., Balogh, K., Balen, D. & Tibljaš, D. 2010: Eoalpine (Cretaceous) very low- to low-grade metamorphism recorded on the illite-muscovite-rich fraction of metasediments from South Tisia (eastern Mt Papuk, Croatia), *Geologica Carpathica* 61/6, 469–481.
- Biševac, V., Krenn, E., Balen, D., Finger, F. & Balogh, K. 2011: Petrographic, geochemical and geochronological investigation on granitic pebbles from Permo- triassic metasediments of the Tisia terrain (eastern Papuk), *Mineralogy and Petrology* 102, 163–180.
- Biševac, V., Krenn, E., Finger, F., Lužar-Oberiter, B. & Balen, D. 2013: Provenance of Paleozoic very low- to low- grade metasedimentary rocks of South Tisia (Slavonian Mountains, Radlovac Complex, Croatia), *Geologica Carpathica* 64/1, 3–22.
- Buda, Gy., Koller, F. & Ulrych, J. 2004: Petrochemistry of Variscan granitoids of Central Europe: correlation of Variscan granitoids of the Tisia and Pelsonia terranes with granitoids of the Moldanubicum, Western Carpathian and Southern Alps. A review: part I, *Acta Geologica Hungarica* 47, 17–138.
- Császár, G. 2005: Magyarország és környezetének regionális földtana, I. Paleozoikum–paleogén, Egyetemi tankönyv, Budapest, 328 p.
- Fülöp, J. 1994: Magyarország geológiája, Paleozoikum II., Akadémiai Kiadó, Budapest, 447 p.
- Gulyás-Kis, Cs. 2003: Upper Carboniferous flora from the Mecsek Mts (Southern Hungary) – summarized results, *Acta Geologica Hungarica* 46/1, 115–125.
- Haas, J. & Hámor, G. 1998: Magyarország területe szerkezetfejlődésének összefoglalása, In: Bérczi I. és Jámor Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, MOL Rt. és MÁFI kiadványa, Budapest, 45–54.
- Horváth, P., Kovács, G. & Szakmány, Gy. 2003: Eclogite and garnet amphibolite pebbles from Miocene conglomerates (Pannonian Basin, Hungary): implications for the Variscan metamorphic evolution of the Tisza Megaunit, *Geologica Carpathica* 54/6, 355–366.
- Jámor, Á. 1998: A Tiszai nagyszerkezeti egység karbon üledékes képződményei rétegtanának ismertetése. In: Bérczi, I. & Jámor, Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, MOL Rt. és MÁFI kiadvány, Budapest, 173–185.
- Jerenić, G., Pamić, J., Sremac, J. & Španić, D. 1994: Palynological and organic-petrographic data on very low- and low grade metamorphic rocks in the Slavonian Mountains (Northern Croatia), *Geologia Croatica* 47, 149–155.
- Judik, K., Rantitsch, G., Rainer, T. M., Árkai, P. & Tomljenović, B. 2008: Alpine Metamorphism of organic matter in metasedimentary rocks from Mt. Medvednica (Croatia), *Swiss Journal of Geosciences* 101, 605–615.

- Konrád, Gy., Sebe, K., Halász, A. & Babinszki, E. 2010: Sedimentology of a Permian playa lake: the Boda Claystone Formation, Hungary, *Geologos* 16, 27–41.
- Kovács, G., Radovics, B. G. & M. Tóth, T. 2016: Petrologic comparison of the Gyód and Helesfa serpentinite bodies (Tisia Mega Unit, SW Hungary). *Journal of Geosciences* 61, 255–263.
- Kozłowski, W. 2008: Lithostratigraphy and regional significance of the Nowa Słupia Group (Upper Silurian) of the Łysogóry Region (Holy Cross Mountains, Central Poland). *Acta Geologica Polonica* 58, 43–74.
- Kozłowski, W., Domańska-Siuda, J. & Nawrocki, J. 2014: Geochemistry and petrology of the Upper Silurian greywackes from the Holy Cross Mountains (central Poland): implications for the Caledonian history of the southern part of the Trans-European Suture Zone (TESZ), *Geological Quarterly* 58, 311–336.
- Lelkes-Felvári, Gy., Frank, W., Schuster, R. & Sassi, R. 2005: Metamorphic history of the Algyő High (Tisza Mega-unit, basement of Great Hungarian Plain) – a counterpart of crystalline units of the Koralpe–Wölz nappe system (Austroalpine, Eastern Alps), *Acta Geologica Hungarica* 48/4, 371–394.
- M. Tóth, T. 2014: Geochemistry of the Görcsöny Ridge amphibolites (Tisza Unit, SW Hungary) and its geodynamic consequences, *Geologia Croatica* 67/1, 17–32.
- Malec, J. 1993: Upper Silurian and Lower Devonian in the western Holy Cross Mts, *Geological Quarterly* 37, 501–536.
- Malec, J., Kuleta, M. & Migaszewski, Z. M. 2016: Lithologic-Petrographic characterization of Silurian rocks in the Niestaców profile (Holy Cross Mountains), *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 86, 85–110.
- McArthur, A. N., Cas, R. A. F. & Orton, G. J. 1998: Distribution and significance of crystalline, perlitic and vesicular textures in the Ordovician Garth Tuff (Wales), *Bulletin of Volcanology* 60, 260–285.
- McPhie, J., Doyle, M. & Allen, R. 1993: Volcanic textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks, Hobart, University of Tasmania, 198 p.
- Moldiński, Z. & Szymański, B. 2001: The Silurian of the Nida, Holy Cross Mts. and Radom areas, Poland — a review, *Geological Quarterly* 45, 35–454.
- Neto de Carvalho, C. & Baucon, A. 2016: Ichnology of Alluvial-Fan related sequences: the example of Sarzedas Basin (Upper Miocene, UNESCO Naturtejo Geopark), *Comunicações Geológicas* 103, Especial I, 93–100.
- Ondrejka, M., Li, X. H., Vojtko, R., Putiš, M., Uher, P. & Sobocký, T. 2018: Permian A-type rhyolites of the Muraň Nappe, Inner Western Carpathians, Slovakia: in-situ zircon U–Pb SIMS ages and tectonic setting, *Geologica Carpathica* 69/2, 187–198.
- Opluštil, S. 2014: T⁰ peat-forming plant assemblage preserved in growth position by volcanic ash fall: A case study from the Middle Pennsylvanian of the Czech Republic, *Bulletin of Geosciences* 89/4, 773–818.
- Pamić, J. & Jamičić, D. 1986: Metabasic intrusive rocks from the Paleozoic Radlovac complex of Mt. Papuk in Slavonija (northern Croatia). *Rad Jugoslavenske Akademije Znanosti Umjetnosti Zagreb* 424, 97–125.
- Pratt, B. R. 2001: Septarian concretions: internal cracking caused by synsedimentary earthquakes, *Sedimentology* 48, 189–213.
- Sheldon, N. D. & Hamer, J. M. M. 2010: Evidence for an Early Sagebrush Ecosystem in the Latest Eocene of Montana, *The Journal of Geology* 118, 435–445.
- Smith, J. J. & Hasiotis, S. T. 2008: Traces and burrowing behaviors of the Cicada nymph *Cicadetta calliope*: neoichnology and paleoecological significance of extant soil-dwelling insects, *Palaio* 23, 503–513.
- Smith, J. J., Hasiotis, S. T., Kraus, M. J. & Woody, D. T. 2008: *Naktodemasis boweni*: new ichnogenus and ichnospecies for adhesive meniscate burrows (AMB), and

- paleoenvironmental implications, Paleogene Willwood Formation, Bighorn Basin, Wyoming, *Journal of Paleontology* 82/2, 267–278.
- Szederkényi, T. 1998: A Dél-Dunántúl és az Alföld kristályos aljzatának rétegtana, In: Bérczi, I. & Jámor, Á. (szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, MOL Rt. és MÁFI kiadványa, Budapest, 93–106.
- T. Kovács, G. & Magyar, L. 1979: Üllés–15 sz. fúrás, Földtani összefoglaló jelentés (39003/44), OKGT Nagyalföldi Kutató és Feltáró Üzem, Szeged, 15 p.
- Varga, A. 2009: A dél-dunántúli paleozoos–alsó-triász sziliciklasztos kőzetek közettani és geokémiai vizsgálatának eredményei, PhD értekezés, ELTE Közettan–Geokémiai Tanszék, Budapest, 150 p.
- Vdačný, M., Vozárová, A. & Vozár, J. 2013: Geochemistry of the Permian sandstones from the Malužina Formation in the Malé Karpaty Mts (Hronic Unit, Western Carpathians, Slovakia): Implications for source-area weathering, provenance and tectonic setting, *Geologica Carpathica* 64/1, 23–38.
- Verniers, J., Maletz, J., Kříž, J., Žigaitė, Ž., Paris, F., Schönlaub, H. P. & Wrona, R. 2008: Silurian, In: McCann, T. (ed.): *The Geology of Central Europe: Precambrian and Palaeozoic*, Geological Society of London, 249–302.
- Vince, J., G. Sólmos, K., Ditrói-Puskás, Z. & Kósa, L. 2011: Mikrotelérés, -eres uránérc a nyugat-mecseki gránitban, *Földtani Közlemény* 141/4, 325–339.
- Vozárová, A. 1998: Late Carboniferous to Early Permian time interval in the Western Carpathians: Northern Tethys Margin, In: Crasquin-Soleau, S., Izart, A., Vaslet, D. & De Wever, P. (eds.): *Peri-Tethys: stratigraphic correlations 2*, *Geodiversitas* 20/4, 621–641.
- Vozárová, A., Ebner, F., Kovács, S., Kräutner, H-G., Szederkényi, T., Krstić, B., Sremac, J., Aljinović, D., Novak, M. & Skaberne, D. 2009: Late Variscan (Carboniferous to Permian) Environments in the Circum Pannonian Region, *Geologica Carpathica* 60/1, 71–104.
- Vozárová, A., Ebner, F., Kovács, S., Kräutner, H-G., Szederkényi, T., Krstić, B., Sremac, J., Aljinović, D., Novak, M. & Skaberne, D. 2010: Late Variscan (Carboniferous to Permian) environments in the Circum-Pannonian Region, In: Vozár, J. (ed.): *Variscan and Alpine Terranes of the Circum-Pannonian Region*, Slovak Academy of Sciences, Geological Institute, Bratislava, 51–86.
- Vozárová, A., Presnyakov, S., Šarinová, K. & Šmelko, M. 2015: First evidence for Permian–Triassic boundary volcanism in the Northern Gemericum: geochemistry and U–Pb zircon geochronology, *Geologica Carpathica* 66/5, 375–391.
- Vozárová, A., Larionov, A., Šarinová, K., Rodionov, N., Lepekhina, E., Vozár, J. & Paderin, I. 2019: Clastic wedge provenance in the Zemplinicum Carboniferous–Permian rocks using the U–Pb zircon age dating (Western Carpathians, Slovakia), *International Journal of Earth Sciences* 108, 115–135.

5. A TÉZISEKET BIZONYÍTÓ PUBLIKÁCIÓK (*a PhD értekezés benyújtását követően*)³

A tézisekben szereplő köztrétegtani egységekkel kapcsolatos publikációk:

- Fintor, K. & Varga, A.⁴ 2020: Paleofluid Fingerprint as an Independent Paleogeographic Correlation Tool: An Example from Pennsylvanian Sandstones and Neighboring Crystalline Rocks (Tisia Composite Terrane, S Hungary), *Geofluids* 2020, Paper: 3568986, 24 p. (4–10. tétel)

³ A három vagy többszerzős munkáknál a szerzői sorrend a csökkenő hozzájárulást tükrözi. Témavezetésem mellett dolgozó hallgatók: Garaguly I. (PhD, társ), Hidasi T. (MSc), Mészáros E. (PhD, egyéni), Papp N. (PhD, társ) és Szemerédi M. (PhD, egyéni).

⁴ Meghatározó szerzőség: utolsó és levelező szerző.

- Hidasi, T., **Varga, A.**⁵ & Pál-Molnár, E. 2015: A Gyűrűfői Riolit kőzetmintáinak vizsgálata a Mecseki Ércbányászati Vállalat „Vulkanitok, etalon kollekció” csiszolatgyűjteményének felhasználásával: nyugat-mecseki preparátumok, *Földtani Közlöny* 145/1, 3–22. (12. tézis)
- Mészáros, E., **Varga, A.**, Schubert, F. & Máthé, Z. 2015a: A Horváthertelend–1 fűrásban feltárt paleozoos finomtörmelékes képződmény archív vékonycsiszolatainak közettani vizsgálati eredményei (Nyugati-Mecsek), *Földtani Közlöny* 145/3, 215–228. (1., 3. és 4. tézis)
- Mészáros, E., **Varga, A.**, Schubert, F. & Máthé, Z. 2015b: A Horváthertelend–1 fűrás paleozoos képződményeinek ásvány-közzettani és mikroszerkezeti vizsgálata, In: Dályay, V. & Sámson, M. (szerk.): Tisia Konferencia, Molnár Nyomda és Kiadó, Pécs, 63–66. (1–4. tézis)
- Mészáros, E., Raucsik, B., **Varga, A.** & Schubert, F. 2016a: Kisfokú, közepes nyomású regionális metamorfózis nyomai a Horváthertelend–1 fűrás metapelites összetételében: mikroszöveti és termobarometriai bizonyítékok, *Földtani Közlöny* 146/3, 207–222. (1., 3. és 4. tézis)
- Mészáros, E., Raucsik, B., **Varga, A.**, Schubert, F. & Heincz, A. 2017: A Szalatnaki Agyagpala Formáció mikroszerkezeti és Raman spektroszkópiai vizsgálata a Szalatnaki-egységben, In: Dégi, J., Király, E., Kónya, P., Kovács, I. J., Pál-Molnár, E., Thamóné Bozsó, E., Török, K. & Udvardi, B. (szerk.): Ahol az elemek találkoznak: víz, föld és tűz határán, 8. Közzettani és Geokémiai Vándorgyűlés, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 108–112. (1–4. tézis)
- Mészáros, E., **Varga, A.**, Raucsik, B., Benkó, Zs., Heincz, A. & Hauzenberger, C. A. 2019: Provenance and Variscan low-grade regional metamorphism recorded in slates from the basement of the (SW Hungary), *International Journal of Earth Sciences* 108/5, 1571–1593. (1–5. tézis)
- Raucsik, B., **Varga, A.**, Mészáros, E. & Szemerédi, M. 2016: Very low-grade metamorphism of the Ciszuralian basement formations (Korpád Sandstone, Gyűrűfű Rhyolite) near Kelebia, Békés-Codru Unit, Hungary, In: Valúchová, J. (szerk.): 8th Mid-European Clay Conference (MECC 2016), Book of Abstracts, Košice, Szlovákia, ELFA s.r.o., p. 181. (11. tézis)
- Raucsik, B., Szemerédi, M., Mészáros, E., **Varga, A.**, Dunkl, I., Lukács, R., Pál-Molnár, E. & Harangi, Sz. 2019: Kisfokú metamorfózis nyomai permi aljzati képződményekben (Kelebia, Békés–Codru Egység), In: Pál-Molnár, E., Lukács, R., Harangi, Sz., Szemerédi, M., Németh, B., Molnár, K. & Jankovics, M. É. (szerk.): Saxa Loquuntur - Köbe zárt történetek: 10. Közzettani és Geokémiai Vándorgyűlés, MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport, SZTE Ásványtani, Geokémiai és Közzettani Tanszék "Vulcano" Közzettani és Geokémiai Kutatócsoport, p. 74. (11. és 12. tézis)
- Szemerédi, M., **Varga, A.**, Lukács, R. & Pál-Molnár, E. 2016: A Gyűrűfűi Riolit Formáció közzettani vizsgálata a felszíni előfordulások alapján (Nyugati-Mecsek), *Földtani Közlöny* 146/4, 335–354. (12. tézis)
- Szemerédi, M., **Varga, A.**, Lukács, R. & Pál-Molnár, E. 2017: A Gyűrűfűi Riolit Formáció közzettani vizsgálatának eredményei a Villányi-hegység északi előterében, *Földtani Közlöny* 147/4, 357–382. (12. tézis)
- Szemerédi, M., Lukács, R., **Varga, A.**, Dunkl, I., Seghedi, I., Pál-Molnár, E. & Harangi, Sz. 2019: Permian felsic volcanism in the Tisza Mega-unit (basement of the Pannonian Basin and Apuseni Mts) – Zircon U-Pb dating and geotectonic implications from a regional marker horizon, In: ILP 2019:14th Workshop of the International Lithosphere Program Task Force Sedimentary Basins: abstracts, Hévíz, Magyarország, 159–161. (12. és 13. tézis)
- Szemerédi, M.*, Lukács, R.*, **Varga, A.***, Dunkl, I., Józsa, S., Tatu, M., Pál-Molnár, E., Szepesi, J., Guillong, M., Szakmány, Gy. & Harangi, Sz. 2020: Permian felsic volcanic rocks in the

⁵ Meghatározó szerzőség: témavezető és levelező szerző.

⁶ Meghatározó szerzőség: témavezető és megosztott első szerző.

- Pannonian Basin (Hungary): new petrographic, geochemical, and geochronological results, *International Journal of Earth Sciences* 109/1, 101–125. (12. és 13. tézis)
- Varga, A.** 2019: A Korpádi Homokkő reambulációja: rétegtani megfontolások közettani bizonyítékok alapján, In: Pál-Molnár, E., Lukács, R., Harangi, Sz., Szemerédi, M., Németh, B., Molnár, K. & Jankovics, M. É. (szerk.): Saxa Loquuntur - Köbe zárt történetek, 10. Közettani és Geokémiai Vándorgyűlés, MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport, SZTE Ásványtani, Geokémiai és Közettani Tanszék "Vulcano" Közettani és Geokémiai Kutatócsoport, p. 88. (11. és 12. tézis)
- Varga, A. & Raucsik, B.** 2009: Metaüledékes képződmények a Tiszai-egység aljzatában: a felső-paleozoikumi Túronyi Formáció (Szlavóniai–Drávai-terrénum). In: M. Tóth, T. (szerk.): Magmás és metamorf képződmények a Tiszai Egységben, *GeoLitera*, Szeged, 177–192. (6., 12. és 13. tézis)
- Varga, A. & Raucsik, B.** 2014: Pedogenic calcrete records in southern Transdanubia, Hungary: A brief review with paleoenvironmental and paleogeographic implications, *Central European Geology* 57/2, 137–151. (11–13. tézis)
- Varga, A., Raucsik, B. & Bajnóczi, B.** 2012a: Nodular calcrete from the Lower Permian Korpád Sandstone Formation (borehole Dinnyeberki 9015, Mecsek Mts, Hungary) and its palaeoenvironmental significance, *Földtani Közlöny* 142/4, 375–378. (11. tézis)
- Varga, A., Raucsik, B. & Szakmány, Gy.** 2012b: On possible origin of background contents of heavy metals and metalloids in the subsurface Pennsylvanian Téseny metasandstones, SW Hungary, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7/3, 211–218. (6. és 9. tézis)
- Varga, A., Dabi, G., Raucsik, B., Bajnóczi, B., Schubert, F., Pál-Molnár, E. & Hidasi, T.** 2013: Késő-variszkuszi üledékképződési környezetek rekonstrukciója a Dél-Dunántúlon: a Korpádi Homokkő, a Gyűrűfüi Riolit és a Cserdi Konglomerátum Formációk kapcsolatrendszer, In: Dályay, V. Sámson, M. & Hámos, G. (szerk.): IV. Közettani és Geokémiai Vándorgyűlés Kiadványa, Pécs, Magyarhoni Földtani Társulat, 7–11. (11. és 12. tézis)
- Varga, A., Raucsik, B. & Szakmány, Gy.** 2014: Az alsó-permi Korpádi Homokkő Formáció törmelékes kőzeteinek ásványtani és közettani jellemzői a Túrony–1 fúrásban (Szlavóniai–Drávai-terrénum), *Földtani Közlöny* 144/4, 211–230. (11. tézis)
- Varga, A., Mészáros, E., Fiser-Nagy, Á., Raucsik, B., M. Tóth, T., Garaguly, I. & Schubert, F.** 2015: A Szegedi-medence és közvetlen környezetének diagenézis-történet és mikrotektonikai vizsgálata: Az Újszentiván-domaszéki-süllyedék környezete, Kutatási jelentés, Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Közettani Tanszék, 81 p. (8. tézis)
- Varga, A., Raucsik, B. & Szakmány, Gy.** 2017: Origin of natural Arsenic and Antimony contents in the Permian to Lower Triassic siliciclastic rocks of the Western Mecsek Mountains, SW Hungary, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 12/1, 5–12. (11. tézis)

Nem a tézisekben szereplő közetrétegtani egységekkel kapcsolatos, de a tézisekben szereplő megállapításokhoz felhasznált eredményeket tartalmazó publikációk:

- Garaguly, I., Raucsik, B., **Varga, A.** & Schubert, F. 2017: Középső-triász dolomitok képződésének története és töréses deformációja a Szegedi-medence területén, *Földtani Közlöny* 147/1, 39–60. (8. tézis)
- Garaguly, I., **Varga, A.**, Raucsik, B., Schubert, F., Czuppon, Gy. & Frei, R. 2018: Pervasive early diagenetic dolomitization, subsequent hydrothermal alteration, and late stage hydrocarbon accumulation in a Middle Triassic carbonate sequence (Szeged Basin, SE Hungary), *Marine and Petroleum Geology* 98, 270–290. (8. tézis)
- Máthé, Z. & **Varga, A.** 2012: "Ízesítő" a permi Bodai Agyagkő Formáció öskörnyezeti rekonstrukciójához: kőso utáni pseudomorfózák a BAT–4 fúrás agyagkőmintáiban, *Földtani Közlöny* 142, 201–204. (11. és 12. tézis)

- Papp, N., **Varga, A.**, Mészáros, E. & Raucsik, B. 2017: A dorozsmai márvány (Tiszai-főegység) kőzettani újravizsgálata: deformáció és fluidum hatása a mikroszerkezet fejlődésére, Földtani Közlöny 147/4, 337–356. (8. tézis)
- Raucsik, B. & **Varga, A.** 2015: Meddig ér a takarónk? — Terepbejárás a Maros völgyében. In: Pál-Molnár, E., Raucsik, B. & Varga, A. (szerk.): Meddig ér a takarónk? A magmaképződéstől a regionális litoszféra formáló folyamatokig, 6. Kőzettani és geokémiai vándorgyűlés kiadványa, Szeged, SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, 128–147. (8., 11. és 13. tézis)
- Varga, A.**, Újvári, G. & Kovács, J. 2012c: Cirkon egykristály U-Pb korok a danitzpusztai pannóniai homokból: közvetett bizonyítékok az aljzatot alkotó metamorfitok kevert prevariszkuszi protolitjaira, Földtani Közlöny 142/1, 95–98. (9. tézis)
- Varga, A.**, Bozsó, G., Garaguly, I., Raucsik, B., Bencsik, A. & Kóbor, B. 2019: Cements, Waters, and Scales: An Integrated Study of the Szeged Geothermal Systems (SE Hungary) to Characterize Natural Environmental Conditions of the Thermal Aquifer, Geofluids 2019, Article ID 4863814, 21 p. (8. tézis)

